

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie
Studijní obor: Hospodaření s přírodními zdroji



Tereza Žáková

Zranitelnost a ochrana minerálních zřídél
Vulnerability and protection of mineral springs

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Josef V. Datel Ph.D.
Praha 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 20.08.2011

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu této bakalářské práce, RNDr. Josefu V. Datlovi Ph.D., za jeho pomoc, ochotu a trpělivost, díky kterým tato práce vznikla.

ABSTRAKT

Práce shrnuje základní poznatky o minerálních vodách, vysvětluje termín minerální zřídlo a popisuje jeho vztah k podzemním vodám. Dále popisuje problematiku zranitelnosti minerálních zřídél a představuje metodu pro posouzení zranitelnosti podzemních vod. Poukazuje na důležitost ochrany tohoto přírodního bohatství před potencionálním ohrožením. Zde hrají roli jak přírodní vlivy, tak v mnohem větší míře především antropogenní činnost, která tížila přírodní léčivé vody nejen v minulosti, ale také v současnosti. Závěrečná část je věnována ochranným opatřením dle platné legislativy.

SUMMARY

The work summarizes the basic knowledge about mineral waters, explains the term mineral spring and describes its relationship to the groundwater. It also describes the issue of vulnerability of mineral springs and represents a method for assessing the vulnerability of groundwaters. It points to the importance of protecting this natural wealth before potential threat. Here play the role of both natural influences and in a much greater extent, primarily anthropogenic activity, which weighed natural healing waters, not only in the past but also currently. in connection with this problem is dealt with on protective measures in the form of legislation. The closing part deals with the protective measure under the applicable legislation.

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. MÍSTO MINERÁLNÍCH ZŘÍDEL V REŽIMU PODZEMNÍCH VOD.....	2
3. MINERÁLNÍ VODY.....	3
3.1. Zastoupení prvků v minerálních vodách a prohlášení prosté vody za minerální.....	3
3.2. Klasifikace minerálních vod.....	3
4. ZRANITELNOST.....	4
4.1. Zranitelnost podzemních vod.....	5
4.2. Metody posuzování zranitelnosti podzemních vod.....	5
4.3. Specifika zranitelnosti minerálních vod.....	8
4.3.1. Puklinový a průlinový oběh.....	9
4.3.2. Tektonika.....	9
4.3.3. Přírodní činitelé.....	12
4.4. Antropogenní vlivy ohrožující minerální zřídla.....	13
5. ZAJIŠŤOVANÁ OCHRANA MINERÁLNÍCH ZŘÍDEL	16
5.1. Ochranná pásma minerálních vod.....	16
6. ZÁVĚR.....	18
7. POUŽITÁ LITERATURA.....	19

1. ÚVOD

Přírodní minerální vody jsou již odedávna součástí lidské existence. Lidé si je považují pro svůj příznivý účinek na lidský organismus a je v jejich vlastním zájmu tyto léčivé zdroje chránit. Minerálních zřídél je na území České republiky poměrně mnoho, a to díky výborným geologickým poměrům pro utváření minerálních vod, hlavně v Západních Čechách. Právě sem, do lázeňského trojúhelníku, jezdí spousta návštěvníků. A právě příliv takového množství lidí znamená potenciální hrozbu pro zdejší minerální vody. O minerální zřídla se musí pečovat a starat se o ně s velkou intenzitou, jsou lehce zranitelná, ani ne tak přírodními vlivy jako lidskou činností.

Cílem této práce je poukázat na rizika spjatá se zranitelností minerálních zřídél, představit metodu na posouzení zranitelnosti podzemních vod a na nutnost tyto přírodní léčivé zdroje chránit.

V prvních kapitolách této práce shrnuji základní informace o minerálních vodách. Poté rozebírám poznatky o zranitelnosti minerálních zřídél jak z hlediska přírodního ohrožení, tak i z ohrožení vyplývající z lidské činnosti. Z přírodních jevů ohrožující minerální zřídla je významná mladá tektonika doprovázená vulkanickou činností. Z umělých zásahů jsou nejnebezpečnější nevhodné jímání nebo hornické práce. Antropogenní faktory způsobují kontaminaci pramenů, vyčerpání jejich zásob a trvalé poškození, někdy až likvidaci některých zdrojů. Uvádím také metodu DRASTIC, díky které lze odhadnout míru zranitelnosti podzemních vod. Před těmito nepříznivými vlivy jsou minerální zřídla chráněna legislativou, kde hrají nejdůležitější roli ochranná pásma.

2. MÍSTO MINERÁLNÍCH ZŘÍDEL V REŽIMU PODZEMNÍCH VOD

Velká část vody pocházející ze srážek, řek a stojatých vod, infiltruje póry a puklinami do podzemí. Tato voda vytváří na nepropustném podloží souvislou vrstvu podzemní vody. Nad touto vrstvou se nachází zóna nesaturovaná, kde je podzemní voda v pórech horniny spolu se vzduchem. Tato voda tudíž nevytváří souvislou hladinu podzemní vody a nedochází tak ani k proudění podzemní vody. Podle původu rozdělujeme podzemní vodu na juvenilní, která kondenzuje z par při tuhnutí magmatu, a vodu vadózní, která pochází ze zemského povrchu.

Tyto podzemní vody dělíme na vody prosté a minerální. Minerální vody se od prostých vod liší tím, že mají některé vyjímečné fyzikální nebo chemické vlastnosti, jako je rozdílné množství rozpuštěných pevných látek a plynů (min. 1g/l), výrazně zvýšenou teplotou ($>20^{\circ}\text{C}$) nebo vyšší radioaktivitu ($>1,5 \text{ kBq/l}$). Všechny hodnoty byly převzaty ze Sbírký zákonů z webové stránky <http://www.sagit.cz>.

Tento proces mineralizace závisí především na místním horninovém prostředí, kterým voda prochází, na vydatnosti srážek, případně na nepropustných vrstvách. V závislosti na tomto vznikají různé druhy minerálních vod.

Složky, které podmiňují prohlášení vody za minerální - obsahy některých iontů, plynů, teplota, radioaktivita apod., nemají v přírodních vodách stálé hodnoty. Minerální vody jsou tedy mnohem více zranitelnější než vody prosté, je to zapříčiněno tím, že většina složek minerální vody se nemůže neomezeně obnovovat a jejich množství se ve zřidelní struktuře postupně vyčerpává (V. Pelikán, 1983).

Prostředí, kde se tvoří minerální voda, nazýváme zřidelní strukturou. Ke vzniku této struktury je zapotřebí příznivé minerální struktury s přírodním hydrogeologickým mechanismem, který určuje pohyb podzemní vody za uplatnění činitelů komplexního tvoření minerální vody (Hynie, 1963). Formování minerálních vod je složité, a probíhá v několika etapách. Hynie (1963) uvádí, že se tak děje jinak u kontinentálních vod než u fosilních reliktní mořské vody. V prvním případě - u kontinentálních vod to bývá nejdříve pozvolný sestup vody infiltrující z povrchu, po něm následuje v určité hloubce horninové pásmo s vlastním formováním minerální vody, poté následuje výstup hotové minerální vody zřidelní trhlinou na povrch do pramene. U minerálních vod typu fosilních reliktní mořské vody je nejdříve formování primárního uchování reliktní mořské vody jejich uzavřením v sedimentech, poté nastávají různé přeměny primárního obsahu během jeho soustřeďování v akumulaci. Jsou ale i případy, kdy je hotová minerální voda vytlačována prostou vodou až do pramenů.

Minerální zřídlo jako takové je vývěr minerální vody na povrch terénnu. Lze o něm ale také konstatovat, že se každé zřídlo jako celek skládá ze tří hlavních částí: z infiltračního pásma, z oběhových zřidelních cest v podzemním propustném geologickém prostředí a z vývěrové zřidelní oblasti neboli pramenní oblasti (Sklenář, 1992). Zřídlo se skládá ze dvou složek, a to ze statické a dynamické. Statickou tvoří geologická základna zřídla - geologická textura, která je definovaná geologickou skladbou s určitým stupněm heterogenity. Dále složku statickou tvoří geologická struktura definovaná především zřidelními cestami. Dynamickou složku pak představuje směs všech medií - od infiltračního území zřidelních cest hlubinným geologickým prostředím až do zřidelní vývěrové oblasti.

3. MINERÁLNÍ VODY

Minerální vody jsou pravé roztoky tvořené homogenní soustavou látek, tedy hmotnou soustavou s přesně definovatelnými složkami, jejíž fyzikální, chemické a biologické složení se v rámci koloběhu vody spojitě mění (Sklenář, 1992).

Mezi podzemní vodou a ostatními geosférami neustále probíhá látková výměna. Díky tomu jsou již v prostých podzemních vodách a ještě více v minerálních vodách obsaženy všechny prvky periodické soustavy. Asi ze 100 prvků této soustavy je jich v našich minerálních vodách zjištěno zatím kolem poloviny (Sklenář, 1992). Minerální vody jsou vody přírodní, které se od prostých vod odlišují množstvím nebo druhem rozpuštěných solí a plynů, teplotou nebo radioaktivitou. Jedním z nejdůležitějších činitelů obsahu určitých prvků v minerálních vodách je rozpustnost sloučenin a to jak pevných tak plyných. Zajímavé je, že prvky, které se vyskytují v litosféře hojně jako jsou Si, Al a Fe, se v minerálních vodách vyskytují ve velmi malém množství, zatímco jiné prvky, které se v litosféře vyskytují v mnohem menším množství, se v minerálních vodách vyskytují v mnohem větších koncentracích. Je to dáno rozdílnou rozpustností. Vícemocné prvky jsou ve srovnání s jednomocnými a dvojmocnými prvky velmi slabě rozpustné, tudíž je jich v minerálních vodách nedostatek.

Vody s mělkým oběhem bývají méně mineralizované a studenější než vody s hlubokým oběhem. Samozřejmě to není jednoznačné, záleží také na době zdržení v podzemních zónách.

3.1. Zastoupení prvků v minerálních vodách a prohlášení prosté vody za minerální

Rozpuštěné látky jsou povětšinou disociovány na ionty, jestliže nedojde k rozštěpení, zůstávají molekuly nedisociované. Vedle těchto rozpuštěných látek stojí ještě rozpuštěné plyny. Aby se z vody prosté stala voda minerální, musí obsahovat rozpuštěných látek a plynů minimálně 1g/l (<http://www.sagit.cz>).

Mezi převládající kationty obsažené v minerálních vodách patří Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , v menší míře jsou obsaženy kationty Ba^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} a jiné. Z aniontů silně převládají HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , vedle nich v menší míře stojí anionty Br^- , F^- , J^- , PO_4^{3-} , NO_3^- , HS^- a jiné (Hynie, 1963).

Z rozpuštěných plynů tvoří velké koncentrace hlavně CO_2 , často bývá ve velké míře zastoupený i N_2 , v malých množstvích bývají zastoupeny CH_4 , H_2S , H_2 , O_2 , ve velmi malých množstvích se vyskytují vzácné plyny, helium He a radon Ra (Hynie, 1963).

Prohlášení prosté vody za minerální ovlivňuje také radioaktivita nad 1,5 kBq/l (<http://www.sagit.cz>). Ta je podmíněna obsahem plynného radonu, který voda ve svém oběhu rozpouští, a také obsahem kovového radia, který je svým rozkladem zdrojem trvalé vlastní produkce radonu (Hynie, 1963).

Další případ, kdy lze prohlásit prostou vodu za minerální, je teplota této vody přesahující 20°C (<http://www.sagit.cz>). Toto teplo je získáváno výhradně sdílným teplem z hornin, kterými voda prolíná. Těchto teplot dosahují vody v našich poměrech v hloubkách kolem 400 - 500 m. (Hynie, 1963).

3.2. Klasifikace minerálních vod

Minerální vody tedy mohou mít různou charakteristiku, což si tedy žádá jistou klasifikaci. Klasifikace podle chemického směru se určuje již podle zmiňované teploty, obsahu plynů, převažujících kationtů či aniontů a radioaktivity.

Podle teploty rozdělujeme minerální vody chladné, které nepřesahují 20°C. Teplé minerální vody (teplíce, termy) se svou teplotou pohybují mezi 20 °C a 50 °C a vody horké, které svojí teplotou přesahují 50 °C. V České republice najdeme teplé vody podél hlubších zlomů, např. v Teplicích, Janských Lázních a Jáchymově. Ve Velkých Losínách teplota minerálních vod dosahuje téměř k 50°C. Všechny hodnoty v tomto odstavci jsou převzaty z www.3x-projekt.com. Horké vody najdeme pouze v Karlových Varech, kde je nejteplejší Vřídlo, které má 73°C (<http://www.tournavigator.cz>).

Podle obsahu plynů rozdělujeme minerální vody na kyselky a vody sirné. Kyselky obsahují víc jak 1g/l volného CO₂, minerální vody s obsahem volného H₂S nad 1mg/l jsou vody sulfanové (Svitáková,2011). Již při tomto nepatrném množství jsou vody postiženy sulfanovým zápachem. Minerální vody obsahují ještě další plyny, jako methan, helium nebo dusík. Jejich rozpustnost ve vodě je ale velmi malá, a proto jsou jejich obsahy ve vodách nepatrné. V České republice jsou kyselky známy např. v Lázních Libverda, Bělovsí, Karlově Studánce či například v Poděbradech. Sirné vody se nachází ve Velkých Losínách nebo v Lázních Bělohrad.

Další klasifikace minerálních vod je podle obsahu rozpuštěných tuhých látek. Tato klasifikace je založena na převaze některých z hlavních iontů minerálních vod, na malých obsazích vzácnějších a užitečnějších iontů a na poměru určitých skupin iontů vytvářející charakter vody. Vzniká tak celkem složité názvosloví, které lze pojmenovat jednodušeji, např. pro vodu hydrokarbonátovou vápenato - hořečnatou lze použít jednodušší název, a to voda zemitá. Dále je to třeba voda alkalická (Bílinská kyselka), sádrovcová (Luhačovice) či glauberová (Františkovy Lázně). Rozpustnost tuhé látky ,tj. její koncentrace v nasyceném roztoku, je definicí rovnovážného stavu heterogenní soustavy, kterou představuje nasycený roztok spolu s tuhou fází. Rozpustnost různých iontů a solí je za stejných podmínek značně rozdílná (Sklenář, 1992). U tuhých látek se rozpustnost zvyšuje s teplotou, roste s tlakem, s proplyněním vody CO₂. Jsou to okolnosti, které při oběhu podzemních vod zvyšují rozpustnost tuhých látek proti rozpustnosti v povrchových vodách.

Klasifikace podle radioaktivity - jak již bylo řečeno, voda se při svém oběhu obohacuje o plyný radon Rn a rozpuštěné radium Ra. Vedle radioaktivity minerální vody je významná ještě radioaktivita ovzduší nad vodou tzv. radioaktivita spontánních plynů vody (Hynie, 1963). Tyto vody se rozdělují na slabě radioaktivní, středně radioaktivní a velmi silně radioaktivní. Radioaktivní vody jsou nejvíce známy v Jáchymově.

Další kategorie minerálních vod je podle lékařského směru. Minerální vody, u kterých je prokázán léčivý účinek, označujeme jako léčivé minerální vody. Z hlediska osmotického působení, které je závislé na celkovém obsahu iontů v roztoku, se rozdělují minerální vody na hypotonické s osmotickým tlakem < 710 kPa, izotonické s osmotickým tlakem 710 – 760 kPa a vody hypertonické s osmotickým tlakem > 760 kPa (Svitáková, 2011). Podle teploty vzhledem k teplotě lidského těla dělíme vody na hypotermní a hypertermní. Podle lékařského hlediska dělíme minerální vody na vody s převahou jednoho určitého prvku či více prvků, které vodě určují její vlastnosti. Tyto vody převažují nad vodami bez převahy určitého prvku či prvků.

4. ZRANITELNOST

Zranitelnost je přirozená vlastnost systému podzemních vod, která je citlivá na přírodní a antropogenní vlivy (Vrba a Zaporozec, 1994).

4.1. Zranitelnost podzemních vod

Zranitelnost podzemních vod je relativní, neměřitelná, bezrozměrná vlastnost (Vrba a Zaporozec, 1994). Vyjadřuje pouze pravděpodobnost, že ke kontaminaci by mohlo v budoucnu dojít. Je založena na předpokladu, že fyzické prostředí je schopno poskytnout určitý stupeň ochrany podzemním vodám. Přirozenou ochranu kolektorů podzemních vod tvoří nadložní vrstvy hornin a zemin, nazývané jako krycí ochranné vrstvy. Podle charakteru těchto krycích vrstev lze kolektor nasycený vodou hodnotit buď jako zranitelný, pokud kontaminující látka rychle a bez degradace pronikne do podzemní vody nebo jako nízko zranitelný, pokud kontaminující látka proniká pomalu a dochází k přirozené degradaci (Ambrozek a kol., 2008).

Tyto krycí vrstvy mohou fungovat jako přírodní filtry, které snižují obsahy některých kontaminantů filtrací, sorpcí a jinými mechanickými a chemickými pochody. Znečištěná voda infiltrující z povrchu je do určitého stupně čistěna právě těmito vrstvami, protože proniká skrz půdní a jiné jemnozrnné materiály v nesaturované zóně. (Vrba a Zaporozec, 1994). Tyto ochranné vrstvy mají schopnost odstranit určité kontaminanty nebo snížit stupeň jejich koncentrace.

Vrba a Zaporozec (1992) uvádí, že „čistící kapacita“ horninového prostředí vyjadřuje vlastní schopnost zemského materiálu nad systémem podzemní vody a v systému podzemní vody adsorbovat, rozptýlit nebo snížit kontaminanty fyzikálními, chemickými a biologickými procesy odehrávajícími se v horninovém prostředí systému podzemních vod. Výskyt a intenzita těchto procesů se s hloubkou pod povrchem liší. Půdní zóna má největší rozmanitost přírodních procesů, speciálně v kořenové zóně, kde je významné množství chemikálií odstraněno mikroorganismy nebo chemickými a fyzikálními procesy a odebráno rostlinami. Nesaturovaná zóna obvykle hraje nejdůležitější roli v tom, že zpomaluje vstupy kontaminantů na hladinu podzemní vody. Méně procesů se vyskytuje v saturované zóně, kde roztok ředění a hydrodynamická disperze jsou neefektivnější.

Stupeň útlumu znečištění v oblasti mezi zdrojem znečištění a akviferem určuje relativní potenciál ke kontaminaci podzemní vody. Čistící kapacita „podpovrchového materiálu“ obsahuje interakce mnoha fyzikálních, chemických a biologických procesů v systému půda – hornina - podzemní voda a významně ovlivňuje transport roztoku stejně jako hydrogeologické podmínky.

Potenciál přírodní ochrany je omezený a extrémně proměnlivý. Různé části fyzického prostředí mají odlišnou schopnost pro zmírnění účinků kontaminace prostředí.

Publikace NRC (1993) uvádí pravidlo, že každá podzemní voda je zranitelná.

4.2. Metody posuzování zranitelnosti podzemních vod

Zranitelnost kolektoru podzemních vod lze interpretovat jako míru rizika ohrožení daného kolektoru a také rychlost, s jakou se bude v daném kolektoru potenciální kontaminant pohybovat (Goldbach, 2011). Právě v této oblasti hydrogeologie se velmi často využívá GIS, a to už od 60-tých let (Margat, 1968).

Od počátku 80-tých let už byla patrná značná snaha o vytvoření obecné metodiky na posuzování zranitelnosti. Pro toto období je charakteristické zavádění a používání metody DRASTIC, vypracované US Environmental Protection Agency (Aller a kol., 1987). Metoda DRASTIC pracuje se sedmi faktory : Depth of water- hloubka k hladině podzemní vody, Recharge- infiltrace, Aquifer media- charakter kolektoru, Soil media- typ půdního pokryvu, Topography- morfologie, Impact of vadose zone-

vliv nenasycené zóny, hydraulic Conductivity - propustnost. Podrobně jsou tyto parametry popsány v Tab. 1.

D	Depth to water – hloubka k hladině podzemní vody, tedy mocnost nesaturované zóny. Čím větší mocnost nesaturované zóny, tím větší pravděpodobnost atenuace (degradace) kontaminantu a naopak.
R	Recharge – velikost dotace podzemní vody infiltrovaným podílem atmosférických srážek. Pomocí infiltrované vody prosakuje kontaminant do saturované zóny kolektoru a tak platí čím větší dotace, tím větší zranitelnost.
A	Aquifer media – litologická charakteristika zvodněného kolektoru, jeho zpevnění, typ propustnosti, homogenita apod. Málo pórovitý kolektor (jílovce) má nízkou klasifikaci (1-3), vysoce pórovitý kolektor (krasové vápence, štěrkopísky) má vysokou klasifikaci (8 - 10).
S	Soil media - charakter půdy, jílovité půdy zdržující vodu mají nízkou zranitelnost (1-3), písčité a kamenité půdy mají zranitelnost vysokou (9-10).
T	Topography - sklon terénu v procentech, plochý terén vysoká zranitelnost, sklonitý (>18%) nízká zranitelnost klasifikaci 1. Vsaak kontaminantu na svahu je nízký.
I	Impact of vadose zone - litologická charakteristika nesaturované zóny, je obdobná charakteristice kolektoru, může zde litologicky dominovat pokryvné útvary.
C	Hydraulic conductivity - propustnost kolektoru indikuje rychlost šíření kontaminace, která pronikla do zvodněného kolektoru, čím větší propustnost, tím větší zranitelnost.

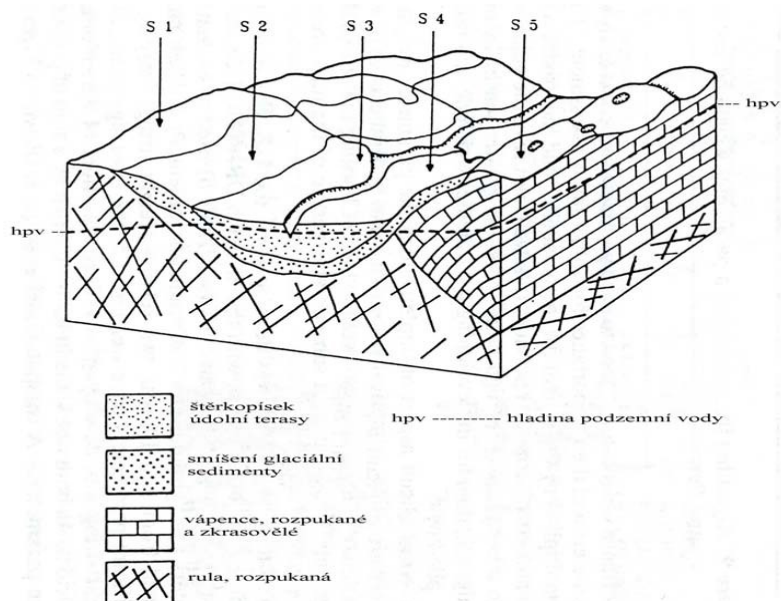
Tab. 1. Parametry metody DRASTIC, převzato z Ambrozek, 2008.

Výsledná zranitelnost je kalkulována podle sumárního vzorce:

$$DI = D_b \cdot D_v + R_b \cdot R_v + A_b \cdot A_v + S_b \cdot S_v + T_b \cdot T_v + I_b \cdot I_v + C_b \cdot C_v$$

kde DI je sumární index zranitelnosti, D_b je bodová klasifikace parametru D a D_v jeho váha, podobně další parametry. Nejvyšší hodnota DI znamená nejvyšší zranitelnost (Ambrozek a kol., 2008).

Příklad použití metody DRASTIC opět uvádí Ambrozek a kol., 2008: Výpočet indexu sumární zranitelnosti v bodech S1 až S5 na Obr. 1 uvádí Tab. 2.



Obr. 1. Použití metody DRASTIC v různém geologickém prostředí (podle Civity, 1990)

S1- výchoz ruly					S5- výchoz vápence				
Parametr	Data	Klasifikace	Váha	Suma	Parametr	Data	Klasifikace	Váha	Suma
D	>30 m	1	5	5	D	>30 m	1	5	5
R	300 mm	9	4	36	R	300 mm	9	4	36
A	rula rozpukaná	5	3	15	A	vápenec zkrasovělý	9	3	27
S	chybí	10	2	20	S	chybí	10	2	20
T	>18 %	1	1	1	T	>18 %	1	1	1
I	rula rozpukaná	4	5	20	I	vápenec zkrasovělý	10	5	50
C	E- 0,5 m/s	9	3	27	C	E- 0,3 m/s	9	3	27
DI=124					DI=166				

Tab. 2. Princip výpočtu zranitelnosti pro body S1 a S5. Převzato z Ambrozek, 2008.

Hodnocení zranitelnosti podzemních vod nebo vymezení kritických oblastí není jednoduché. Závisí to na množství kontaminace a vzájemně se ovlivňujících parametrech (National Research Council, 1993).

Jednou z metod je i sestavování map zranitelnosti podzemních vod. Postupuje se takto: váhy jednotlivých faktorů, významně ovlivňující proces infiltrace (dotace podzemních vod srážkami), zranitelnosti půdy a horninového prostředí, jsou násobeny koeficienty důležitosti, následně sečteny a lineárně rozděleny do 5 kategorií.

$$\text{ZRAN_PODZ_VOD} = (K1 * \text{ZRAN_PŮDA}) + (K2 * \text{ZRAN_HOR}) + (K3 * \text{DOT_SR})$$

Koeficienty důležitosti: $K1 = 30 - 45\%$

$K2 = 45 - 55\%$

$K3 = 10 - 15\%$

Kategorie zranitelnosti podzemních vod jsou následující: 1. Maximálně zranitelná, 2. Silně zranitelná, 3. Středně zranitelná, 4. Slabě zranitelná, 5. Minimálně zranitelná.

Existují další metody pro posouzení zranitelnosti podzemní vody jako SINTACS (Vrba and Lipponen, 2007), který ale není tak používaný, nebudu ho tedy více zmiňovat. Zkušenosti s metodou DRASTIC následně ukázaly některé její nedostatky, zejména špatnou funkci ve specifických podmínkách, například krasových oblastí. Goldbach (2011) zmiňuje metodu EPIK, která je do oblastí krasu výrazně vhodnější, jelikož se jedná o metodu vysloveně určenou do karbonátových oblastí s jistým stupněm zkrasování hornin. Metoda EPIK je používána k posouzení zranitelnosti vod v krasových oblastech. V mnoha ohledech navazuje na již dříve využívanou metodu DRASTIC (Aller a kol., 1987). Označení metody EPIK vzniklo na základě čtyř anglických termínů a zároveň hlavních vstupních atributů metody: Epikarst - epikras, Protective cover - ochranná vrstva, Infiltration conditions - infiltrační podmínky, Karst network development - vývoj krasu a krasové sítě. Metoda EPIK je tedy multiatributovou metodou, kde každý atribut má různou váhu, která posuzuje citlivost a váhu každého daného parametru.

Ve státech evropské unie je mapování zranitelnosti podzemních vod kladena velká důležitost. Metodu DRASTIC používají země Portugalsko, Španělsko nebo Bulharsko, mapu zranitelnosti podzemních vod nemá Maďarsko (Ambrozek a kol., 2008).

4.3. Specifika zranitelnosti minerálních vod

Minerální vody nemají stálé hodnoty jak vydatnosti, tak chemismu i teploty. Jejich výkyvy jsou přirozené a patří k životu minerálního zřídla. Minerální vody jsou oproti prostým vodám více citlivé na jakékoliv změny. Označení některých minerálních vod za léčivé je vázáno na konkrétní vlastnosti těchto vod nebo jejího přesného složení. Pokud se toto změní, změní se i léčivé účinky těchto vod a přestane platit i vyhlášení těchto vod za vody léčivé. Pro lázně je tedy velice důležité ochránit zdroje svých léčivých vod tak, aby neměnily své vlastnosti. Jakákoliv změna na zdroji minerální vody se projeví i u výronu minerální vody a naopak. Všechny změny pramenů indikují mechanismus zřídla. Tyto změny pomáhají poznat jeho hlubší režim a jsou způsobeny jak vlivy přírodními tak lidskou činností nebo dokonce i kombinací těchto dvou druhů.

4.3.1. Puklinový a průlinový oběh

Koloběh vody probíhá nejenom nad zemským povrchem, ale také pod ním. Srážková a povrchová voda vniká do zemské kůry a vyplňuje a proudí ve volných prostorách hornin. Z těchto hornin se vylučují různé prvky, které jsou poté obsaženy ve vodách, jak prostých tak minerálních. Tyto volné prostory vyplňují blíže k povrchu vody průlinové a směrem do hloubky vody puklinové.

Podzemní voda průlinová a podzemní voda puklinová jsou z hlediska zřidelní struktury odlišné. Průlinová voda se pohybuje velmi pomalu, obtéká zrnité částice, které jsou značně veliké a vzniká tak tření podél plochy jako celku, který vyvolává značný odpor pohybu podzemní vody průlinovým prostředím. Naproti tomu se voda puklinová pohybuje v poměrně volných prostorech jako jsou štěrby, pukliny, trhliny, zlomy a poruchové zóny poměrně rychle. Tvoří dokonce podzemní vodní toky. Podél puklin, které mnohdy sahají až do značných hloubek, dochází někdy i k posunu či poklesu hornin, když celkové napětí zemské kůry přesáhne její pevnost. Přitom bývají horniny na obou stranách podrceny a částečně uvolněny. Tak vzniká poruchová zóna, která může být za jistých podmínek trativodem, či součástí oběhových cest zřidel (Sklenář, 1992). Mezi minerálními zřidly převládají zřídla s puklinovými oběhy, u kyselek jsou značně zastoupeny i oběhy průlinové (Myslil a kol., 1964).

Je jasné, že pro získání mineralizace je příznivější pomalé prosakování průlinami porózních hornin než rychlejší prosakování puklinami. Získání určité mineralizace i určité vydatnosti výhradně puklinové minerální vody vyžaduje rozsáhlejší prostoru jejího formování než v průlinovém prostředí. Hynie (1963) uvádí, že zdroje kyselek ve Františkových Lázních jsou podstatně vydatnější a tamní kyselky dosahují i vyšších mineralizací než kyselky téhož typu v Mariánských Lázních, při celkem stejné hloubce i rozsahu formování kyselek obou zřidelních lokalit. V prvním případě se kyselky formují převážně v průlinovém prostředí, kdežto v druhém případě se formují v prostředí puklinovém.

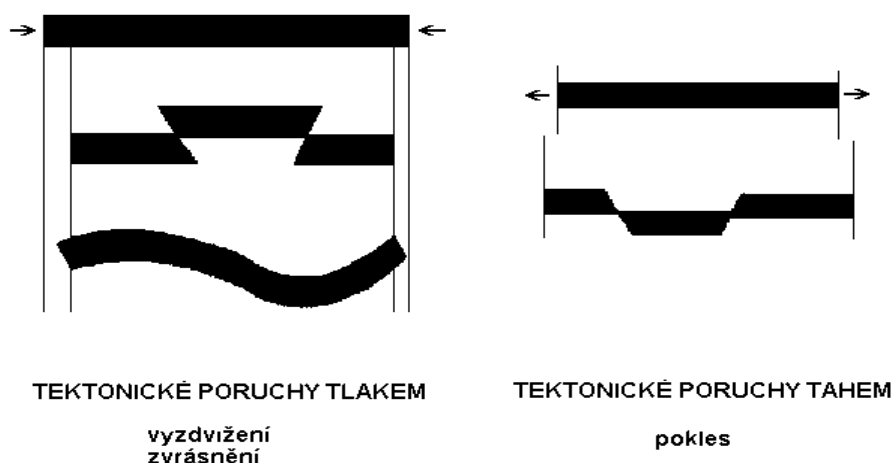
K průlinovým horninám patří sedimenty s většími póry: více nebo méně zpevněné štěrky, štěrkopisky, kterými voda prosakuje, a to až na nepropustné podloží. Prakticky nepropustné jsou horniny vyvřelé, pokud nejsou rozpukány, a jemnozrnné sedimenty (Sklenář, 1992).

V horninách s větší propustností ve vodě (vápence, sádrovce apod.) se trhliny a pukliny rozšiřují, místy tvoří souvislé puklinové prostory umožňující větší akumulaci, prodlužuje se doba zdržení v podzemí a zvyšuje se stupeň mineralizace (Sklenář, 1992).

4.3.2. Tektonika

Příznivé geologické a tektonické podmínky umožňují především infiltraci srážkových vod a puklinová nebo průlinová propustnost v pásmu tvoření mineralizovaných, termálních a proplyněných vod i hlubinný příron CO_2 , N_2 , popřípadě i dalších plynů, usnadňují obohacování vody minerálními látkami v pásmu tvoření (Klír, 1982).

Cirkulace podzemní vody je usměrněna tektonikou zřidelní struktury. Struktura horninového prostředí zemské kůry v blízkosti zřidelních oběhových cest se může měnit v důsledku endogenních sil. Původní struktura hornin je vázána na vznik litosféry. Endogenní síly, které mohou tuto strukturu narušit, mají původ své energie v nitru Země. Tyto síly působí poruchy v tektonické stavbě zemské kůry (jsou znázorněny na Obr. 2) a působí změny v původním horninovém uložení a nazývají se dislokace - zlomy. Mezi nejběžnější tektonické struktury bez zlomů patří vrásky. Při deformaci dochází ke změně tvaru a případně tvaru geologických těles, ale celistvost původního tělesa zůstává zachována (Chlupáč a Kachlík, 2008).



Obr. 2. Tektonické poruchy, převzato z <http://www.hornictvi.info>.

Vrásky mohou tvořit bázi pro akumulaci podzemních vod (Hynie, 1963). Zlomové struktury vznikají na rozdíl od vrásových, převážně v mělkých patrech zemské kůry, v oblastech, kde se většina hornin chová křehce, tj. dojde k porušení celistvosti geologického tělesa. Zlom je tvořen zlomovou spárkou a jí vymezenými bloky. V horninovém prostředí vznikají různé struktury od mikrotrhlin, přes pukliny, drobné zlomy až po zlomy planetárních rozměrů (Chlupáč a Kachlík, 2008). A právě tyto struktury umožňují koloběh podzemní vody, kde nejvýznamějšími prvky zřidelní struktury jsou trhliny a pukliny. Rozdíl mezi nimi je takový, že u puklin zůstávají narušené horniny u sebe, kdežto u trhlin vzniká mezi horninami mezera.

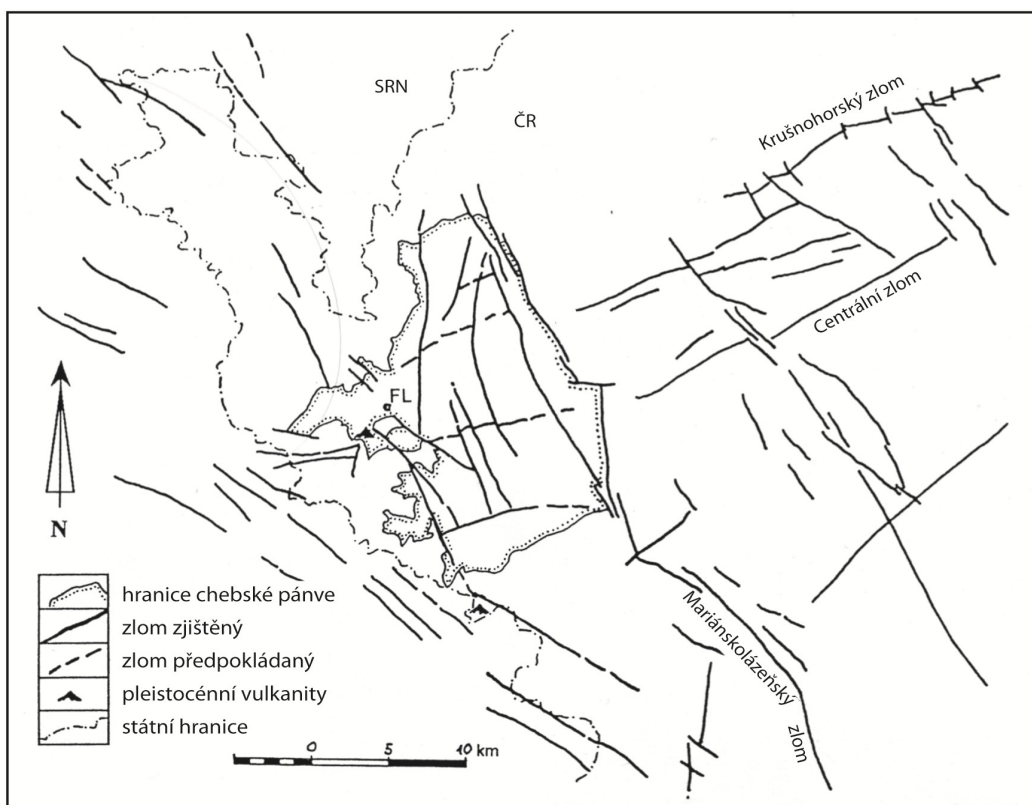
Podél zlomů proudí z hlubin Země CO_2 , který má původ v oblastech mladé tektoniky a nedávno vyhaslé sopečné činnosti (Hynie, 1963). Jedná se tedy o juvenilní oxid uhličitý, který je příčinou kyselek. V České republice má hojně zastoupení v Českém masivu - Františkovy Lázně, Mariánské Lázně, Kyselka, Korunní, Klášterec, ... (Albu a kol., 1997). Výstup oxidu uhličitého se zde soustřeďuje v tektonických elevacích a podmiňuje tam formování studených kyselek (Hynie, 1963). Pro utváření kyselek jsou významné hlavně zlomy příčné tektoniky, které jsou otevřenější než ostatní zlomy. Oxid uhličitý se akumuluje v hlubinném okolí svého vzniku, odsud je rozváděn cestami podél tektonických zlomů směrem k povrchu Země, dokud se nesetká s podzemní vodou, kterou proplyne.

U zřidel, která jsou vázána na hlubší struktury, je pravděpodobnost, že se u nich objeví vliv seismických otřesů tektonického původu. Nepříznivé účinky těchto otřesů by mohly znamenat například trvalé změny vydatností, zaniknutí některých pramenů a otevření pramenů nových, stav hladiny podzemní vody, změny teploty a chemického složení v závislosti na změně napětí, která může být vyvolána nejen seismickou činností, ale také slapovými jevy či atmosferickým tlakem. Může docházet ke změnám oběhových cest minerální vody, ke kterým dojde v důsledku zemětřesení. Vzniknou nové trhliny a pukliny, které budou pro minerální vodu dostupnější než staré cestičky, vytvoří se nový oběh s rozdílnou mineralizací či jinou vydatností. V České republice není velké nebezpečí negativního ovlivnění našich minerálních zřidel touto cestou. Pokud by u nás došlo k ovlivnění, bylo by to pouze přechodného rázu.

U nás geologicky významná jednotka Český masiv – varijská geologická jednotka, byla během alpinského vrásnění v neogénu tektonicky zmlazena a rozlámána systémem zlomů na mnoho dílčích ker. Hluboké zlomy daly vznik jak intenzivnímu vulkanismu - Doupovské hory, České středohoří,

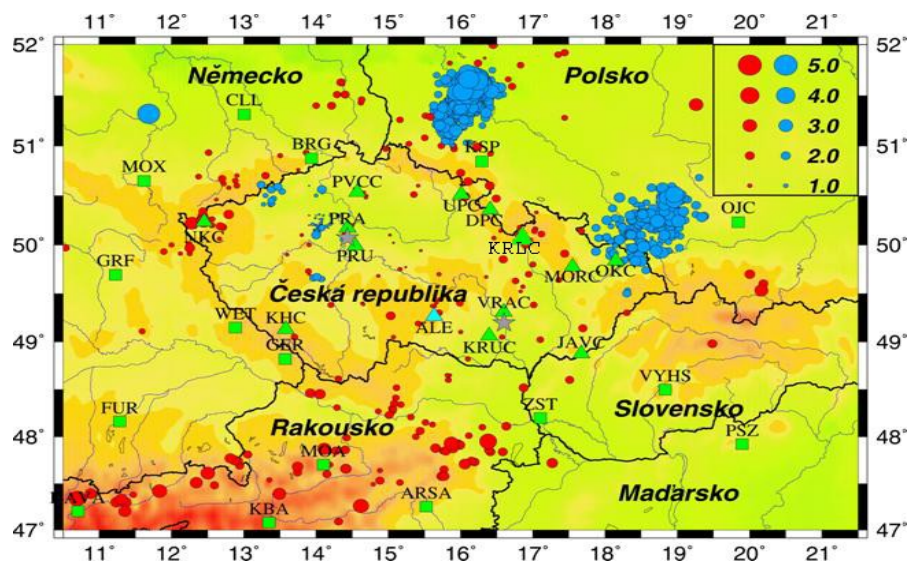
sopky v okolí Bruntálu - přínos CO_2 který je nutný ke vzniku zcela převažujících uhličitých vod, tak zapříčinily pokles dílčích kerných pánví, na jejichž dně začalo docházet k mořské nebo jezerní sedimentaci - Chebská pánev, Sokolovská pánev (Janoška, 2011). V západní části oháreckého riftu v současné době dochází podél zlomů k přívodu juvenilního CO_2 z izolovaných magmatických rezervoárů v plášťových chocholech, které se nacházejí v hloubkách od 30 do 60 km (Ulrych a kol., 2003). V západní části také dochází k častému výskytu zemětřesných rojů, které mají s výrony CO_2 malou souvislost, převládá názor, že tento CO_2 je postvulkanického původu.

V oherském riftu v západní části se nachází Chebská pánev. Zde a v jejím okolí došlo k silným tektonickým pohybům a denudaci vyzdvížených ker během hiátu, mezi spodním miocénem a svrchním pleistocénem, v okolí mariánskolázeňského zlomu. Strukturní vývoj Chebské pánve je ovlivněn dvěma téměř na sebe kolmými zlomovými systémy a to právě zmiňovaným mariánskolázeňským a krušnohorským. Oba systémy jsou pravděpodobně původně variského stáří, jejich opakovanou reaktivaci v průběhu druhohor a terciérní saxonské tektoniky došlo ke vzniku dnešních komplikovaných struktur (Springorum, 2000). Z Obr. 3 je patrné jak vypadá struktura pánve v okolí Františkových Lázní a Hájku - Soos. Další významné zlomy vedou v místě kontaktu smrčinského granitu s chebskými fylity v okolí Františkových Lázní, kde pravděpodobně tvoří přírodní dráhu pro plyny a další složky františkolázeňských minerálních vod, a také u východního okraje pánve (Springorum, 2000). Walter (2010) uvádí, že sedimentární výplň je v této oblasti rozlámána na několik tektonických ker, podél jejich hranic dochází k výstupu uhličitých vod a suchého CO_2 , stejně tak je sedimentární výplň pánve rozlámána na kry i v dalších jejích částech.



Obr. 3. Schéma zlomů a tektonických poruch v Chebské pánvi a okolí, upraveno podle Springorum (2000).

Z Obr. 4 je patrné, že je Chebská pánev jednou z neaktivnějších seismických oblastí v ČR. Síla magnituda zde většinou nepřesáhne 2.



Obr. 4. Mapa ohnisek zemětřesení v ČR. Tektonická zemětřesení jsou označena červeně, důlní modře. Převzato z <http://www.zemetreseni.okamzite.eu>.

Minerální zřídla na otřesy dočasně reagují velmi citlivě. Hynie (1963) uvádí ve své knize případ minerálního pramene v Borshomu na Kavkaze, který reaguje nejen během zemětřesení, ale zpravidla na odlehčování napětí v zemské kůře již několik hodin předem neobvyklou periodicitou a vydatností. Je tudíž citlivým indikátorem blížících se seismických otřesů.

Z geografického rozmístění minerálních pramenů v České republice je patrné, že jižní Čechy a západní Morava jsou z hlediska výskytu minerálních vod "jalové". Příčinou je stará a velmi stabilní geologická jednotka moldanubikum, která nebyla postižena alpským vrásněním (Janoška, 2011).

4.3.3. Přírodní činitelé

Přírodní činitelé, kteří způsobují změny ve vlastnostech minerálních vod, jsou atmosferické srážky a barometrický tlak. Atmosferické srážky se u hlubokých struktur projevují se značným zpožděním, které závisí na délce oběhových cest minerálního zřídla, od zasakovacího území až po pramen. Zpoždění také zkracuje větší hydraulický spád. Největší zpoždění mívají logicky vody juvenilní a geotermální. U takto hluboko zakotvených zřidel je běžné zpoždění o několik měsíců až kolem jednoho roku (Hynie, 1963). U Karlovarského zřídla je to cca 6 měsíců (Sklenář, 1992). V závislosti na množství srážek a časovém zpoždění se mění teplota a chemické složení minerální vody.

U proplyněné minerální vody má na výstupu pramene značný vliv barometrický tlak. U vod neproplyněných se tento vliv nijak zvlášť neprojevuje. U mnoha pramenů je prokázán vliv na jejich vydatnost, to je způsobeno protitlakem vzduchového sloupce, který působí na vystupující pramen. Vliv atmosferického tlaku na proplyněné minerální vody je znám jak v Karlových Varech, tak i ve Františkových Lázních, kde si toto ovlivnění vydatnosti pramenů vynutilo soustavné měření a

pozorování.

Změny na zřídlech může způsobovat také sintrování. K tomuto dochází buď na pramenních cestách před výronem, kde je sintrování nejsilnější, nebo sintrem zarůstají jímky. K tomuto dochází buď poklesem tlaku nebo ochlazováním či okysličováním minerální vody. Zaškrcováním cest sintrem roste odpor proti průtoku a zpomaluje se rychlost proudění. V případě, že sintrem zaroste celý pramen, dochází k migraci zřidel, tvoří se nové postranní prameny nebo se minerální voda dostane do oběhu prosté vody. V Karlových Varech došlo v roce 1809 k výbuchu vřidelní vody, výbuch byl tak silný, že lázeňská budova musela být stržena. Dno pravé strany řeky Teplé bylo proto na přelomu 19. a 20. století zpevněno silnou betonovou deskou, která měla podobným katastrofám zabránit (<http://www.tournavigator.cz>). Na Obr. 5 je fotografie z Karlovarského podzemí, je na něm vidět potrubí rozvádějící vřidelní vodu do lázeňských domů, které se díky usazování minerálů musí přibližně každých 15 let měnit (<http://www.tournavigator.cz>).



Obr. 5. Vysrážený sintr. Převzato z <http://www.tournavigator.cz>.

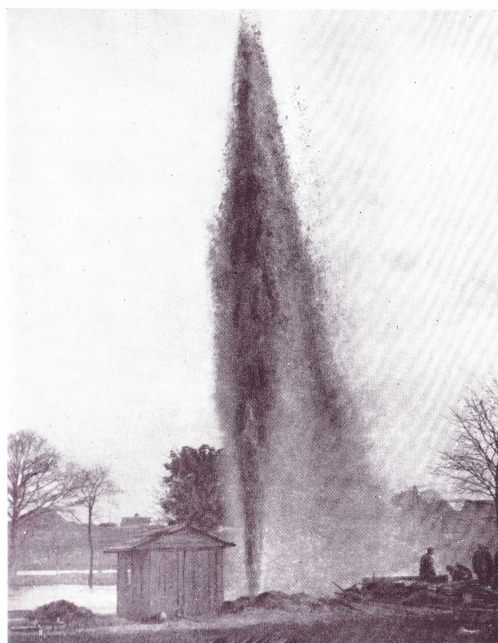
4.4. Antropogenní vlivy ohrožující minerální zřídla

Do konce devatenáctého století nebyla minerální zřídla výrazně poškozena lidskou činností, lidé je nevyužívali v tak velké míře jako dnes a s nepatrnými negativními účinky se dokázala příroda vypořádat sama. V dnešní době jsou zdroje minerální vody čím dál více ohroženy, jak v kvalitě, tak ve vydatnosti. Je to způsobeno mnoha antropogenními vlivy působící nepříznivě na horninové prostředí minerálního zřídla, nadložních vrstev a přímo na pramen.

Jedním z důvodů může být nadměrné čerpání minerálních vod. V těchto případech nejsou dodrženy technické podmínky a dochází k přetěžování těchto zdrojů. Při nadměrném čerpání dochází ke snižování obsahu oxidu uhličitého a minerální voda tím pádem ztrácí charakter kyselky. Kromě toho hraje CO_2 velkou roli při rozpouštění karbonátů, silikátů, aluminosilikátů a dalších minerálů z horninového prostředí. To způsobuje pokles mineralizace a minerální voda postupně nabývá charakteru vody prosté. Nadměrný odběr může dále vést k celkovému poklesu hladiny podzemní vody. To může vyvolat nežádoucí infiltraci nekvalitní povrchové vody nebo do této oblasti mohou pronikat méně kvalitní prosté vody. Tímto způsobem lze zdroj minerální vody zcela zničit, proto ochranu podzemních vod před nadměrným využíváním zajišťují orgány k tomu způsobilé.

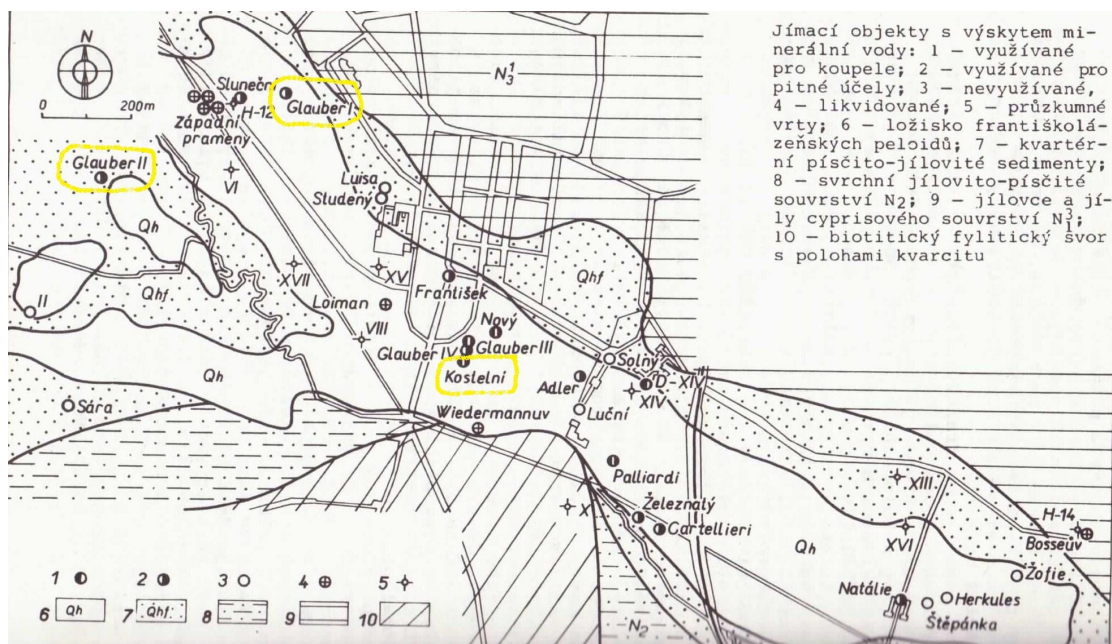
Nevhodné jímací zásahy mající za následek změny teploty, vydatnosti, specifické vlastnosti jednotlivých pramenů, případně stěhování jednotlivých pramenů, jsou méně radikální, ale svými dlouhodobými účinky velmi významné.

Pro zřidelní systémy jsou nejnebezpečnější hornické práce. Při hlubinném dolování horníci chtějí hledané ložisko odvodnit, čerpají podzemní vodu a tím snižují také tlakové poměry či dochází k odplynění minerálních vod. Tak třeba v chebské pánvi dochází v důsledku udržení těžby k dalším skrývkám a otvírce prozkoumaných ložisek určitých nerostných surovin. V dobývacích prostorech dochází k přemísťování hornin při trvalém snížení hladiny podzemních vod a tím dochází ke změně hydraulických poměrů, které mají vliv na režim podzemní vody. Dalším příkladem narušení minerálního zřídla je erupce navrtávkami na uhlí v roce 1957 v Horní Vsi vzdálené od Františkových Lázní cca 2 km. Došlo k erupci slabě mineralizované vody s přebytkem CO_2 . Tento případ popisuje ve své knize Hynie (1963) tak, že výtrysk dosáhl až do výšky 50 metrů, dokumentuje to Obr. 6.



Obr. 6 . Erupce minerální vody proplyněné oxidem uhličitým na výzkumném vrtu H11 na uhlí v Horní Vsi u Františkových Lázní. Převzato z Hynie (1963).

Jednalo se o směs vody s plynem, která vynášela množství horninového detritu (jílovitý písek), ve kterém byly i kousky uhlí. Dále uvádí, že za 6,5 hodiny od začátku erupce byl zjištěn pokles vydatnosti Kostelního pramene ze 160 l/min na 4 l/min. Za dalších osm hodin byly zjištěny poklesy vydatnosti na dalších pramenech např. Galuber I a Glauber II. Pro lepší představu jsou na Obr. 7 zobrazeny minerální prameny ve Františkových Lázních.



Obr. 7. Situace minerálních pramenů ve Františkových Lázních. Zvýrazněny jsou prameny zmíněné v textu. Obrázek přejat z Kolářové a kol., 1979.

Toto ovlivnění pramenů je připisováno uvolněnímu tlaku plynu a proplyněné vody v soustavě hydraulicky spojených zlomů, jejichž hlavní osou je zřidelní zlom františkolázeňské pramenní soustavy. Tlak výtrysku v nezapaženém vrtu vyboural v uhelné sloji komoru, která se po překročení určitého rozsahu neudržela a její jílovitý strop se zabořil a utěsnil vrt.

Nehoda na vrtu H11 byla současně hybným momentem k zahájení rozsáhlého průzkumu hydrogeologických a plynových poměrů v chebské pánvi a Františkových Lázních. Následkem tohoto byla po pádu komunismu definitivně vyhlášena ochranná pásma františkolázeňské zřidelní struktury (Staněk, 2007).

Kromě nevhodného jímání a vrtání ovlivňuje režim minerálních zřidel např. hloubení stavebních jam, ražení štol, tunelů, kamenolomy a povrchové dobývání nerostných surovin. Radioaktivní vody a radioaktivní prosté teplice v Jáchymově byly odkryté při dolování a po sestoupení důlních prostor do větších hloubek zničeny úplně (Myslil a kol., 1964). Došlo k velkému snížení vydatnosti a téměř ke ztrátě radioaktivity.

Roku 1879 došlo k narušení Pravřídla v Teplicích dolováním uhlí. Průvalem teplých důlních vod na dole Dölinger došlo ke ztátě přelivu na Pravřídle, přestože vzdálenost byla 7 km (Sklenář, 1992). Takovýchto příkladů zničených minerálních zřidel následkem hornické činnosti je mnoho. V dnešní době jsou ale minerální zřídla chráněna zákonnými opatřeními a nemělo by k takovýmto případům docházet.

Nebezpečí pro vydatnost pramenů představují zásahy vodohospodářů v okolí zřidel. Je třeba sledovat, zda jejich zásahy ovlivňují režim podzemních vod. Zvyšování hladiny podzemních vod není tak nebezpečné jako jejich snižování. Nežádoucí jsou meliorační zásahy a regulace vodních toků.

Podzemní vodu znehodnocují také organické látky. Z nejčastějších případů to bývají ropné látky, což odpovídá jejich širokému využití jako pohonných hmot. Kvůli tomuto problému byla zrušena benzínová stanice ve Františkových Lázních, vybudovala se nová na obchvatné komunikaci (Klír, 1982). Pohonné hmoty a oleje se projevují v podzemních vodách organoleptickými vlastnostmi jako je pach a chuť, jejich přítomnost lze zjistit dříve než překročí mez toxicity. Při velkém znečištění ropných

látek se projevuje vrstvou na hladině podzemní vody. Ropné látky mohou být ve vodě dispergovány jako pravé roztoky i jako emulze. Aby nedocházelo ke kontaminaci ropou a ropnými látkami podléhají přírodní léčivé zdroje a lázeňská místa ochranným opatřením. Mezi další nebezpečné organické látky patří pesticidy, organické látky z odpadů a ostatní organické látky. Rychlost kontaminace ovlivňuje mimo jiné i hydraulická vodivost, čím vyšší je vodivost, tím vyšší je zranitelnost (Munga a kol., 2005).

Každý umělý zásah do přírodního léčivého zdroje je nežádoucí a je potřeba toto bohatství chránit.

5. ZAJIŠŤOVANÁ OCHRANA MINERÁLNÍCH ZŘÍDEL

Minerální vody jsou pro svůj význam využívány a chráněny již odedávna. Podmínky pro účelnou ochranu zdrojů minerálních vod souvisí s rozvojem využívání těchto zdrojů (Michele, 2007). Jak již bylo řečeno, minerální vody jsou mnohem více zranitelnější než prosté vody, je tedy zapotřebí chránit nejen výstupní pramen minerální vody, ale i celý prostor, kde se z prosté vody stává voda minerální = minerální zřídlo.

Ohrožení představuje především nepříznivá činnost člověka. V dnešní době by k těmto negativním vlivům nemělo docházet, díky legislativním opatřením, kterými je uživatel léčivého zdroje povinen starat se pečlivě o tento zdroj, udržovat ho v řádném stavu a sledovat a ověřovat jeho kvalitu. Podle §16 164/2001 Sb. zákona je tento uživatel mimo jiné povinen dodržovat podmínky stanovené v povolení k využívání tohoto zdroje, musí zajistit hydrologický a hydrogeologický dohled nad zdrojem a sledovat chemické, fyzikální, mikrobiologické a radiologické vlastnosti zdroje. Dále musí provádět opatření k zabezpečení využívání zdroje a jeho ochrany. Uživatel léčivého zdroje může provádět zásahy a úpravy na jímacím zařízení zdroje pouze se souhlasem ministerstva. Je také povinen na základě rozhodnutí ministrestva zakonzervovat či odstranit jímací zařízení, kterým se zdroj využívá, pokud se zdroj nevyužívá nebo je to nutné v zájmu zřidelní ochrany. Důležitý je také odborný dohled nad využíváním a ochranou léčivého zdroje fyzickou osobou, která je držitelem osvědčení o odborné způsobilosti = balneotechnik. I jemu ale může být toto svědčení odebráno ministerstvem, pokud zjistí v jeho práci nedostatky. Podrobněji jsou povinnosti okolo využívání a ochrany léčivého zdroje popsány v zákoně 164/2001, který je k dispozici na webových stránkách <http://www.sagit.cz>.

Negativní roli v ochraně minerálních vod představuje čas. Během let polevuje ostražitost, která je dána bezproblémovým provozem lázní. Například františkolázeňská zřidelní struktura již není tak intenzivně sledována jako po havárii v Horní Vsi před více jak padesáti lety (Staněk, 2007).

5.1. Ochranná pásma minerálních vod.

K ochraně zdroje před nečistotami, které mohou negativně ovlivnit jeho vlastnosti, zásoby a vydatnost, stanovuje ministerstvo ochranná pásma. Tato ochranná pásma se stanovují na základě odborných posudků a vycházejí z rizik jeho ohrožení. Donedávna tomu tak ale nebylo, například stanovení ochranných pásem ve Františkových Lázních podnítila až havárie u Horní Vsi před padesáti lety.

Ochranná pásma jsou stanovena tak, aby bylo dosaženo účelu, kterým je ochrana zdrojů, a také aby zájmy právnických a fyzických osob byly na dotčeném území omezeny pouze v nezbytné míře.

Ochranná pásma se stanovují ve dvou stupních: Ochranné pásmo 1. stupně a ochranné pásmo 2. stupně. Ochranné pásmo I. stupně se vztahuje k okolí výstupu zdroje. U zdrojů minerálních vod stanovuje ochranné území ve tvaru kruhu o poloměru 50 m od zdroje (<http://www.sagit.cz>).

Z území tohoto ochranného pásma se odstraní všechny zdroje, které by mohly minerální vodu

znečistit, je-li to nezbytné, provedou se další úpravy území. Kromě činností, které jsou v zájmu ochrany a využívání zdroje, jsou všechny ostatní činnosti v ochranném pásmu 1. stupně zakázány.

Ochranné pásmo II. stupně se stanovuje k ochraně minerálního zřídla nebo jeho infiltračního území. Toto území je možno rozdělit na několik dílčích ploch s rozdílným stupněm ochrany. V tomto pásmu je zakázáno provádět činnosti, které by mohly poškodit vlastnosti, vydatnost, zásoby či zdravotní nezávadnost zdroje.

Ochranná pásma a jimi stanovené podmínky vytvářejí kvalitní legislativní rámec pro regulování aktivit, které by mohly ohrozit tvorbu, oběh a exploataci minerálních vod (Staněk, 2007).

6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnout základní poznatky o minerálních vodách a upozornit na jejich lehkou zranitelnost. Tyto informace vedou k poznání, že je zapotřebí tyto přírodní léčivé zdroje chránit. Ochrana přírodních léčivých zdrojů plyne z několika zákonů a daných vyhlášek. Jedním z nejdůležitějších kroků je stanovení ochranných pásem pro každý vývěr minerální vody. V těchto pásmech jsou zakázány určité činnosti, které představují potencionální hrozbu pro minerální vývěry. Dalším důležitým krokem je odborný dohled (balneotechnik) nad každým vývěrem minerální vody, který dohlíží na stav tohoto zdroje a jeho jímání.

Nutno ale říci, že je hlavně na nás - lidech, jak se budeme k našemu přírodnímu bohatství chovat.

Bylo by vhodné veřejnost více seznámit se zranitelností přírodních léčivých zdrojů a se zákony, které se týkají jejich ochrany. Mnoho lidí si ani neuvědomuje, jak jsou minerální vody křehké a nevědomky je poškozují. Vůbec celkové chování k naší krajině se odráží na přírodních cennostech, kterých bychom si měli vážit.

7. POUŽITÁ LITERATURA

ALBU, Marius; BANKS, David; NASH, Harriet. Mineral and Thermal Groundwater Resources. first. London: Chapman and Hall, 1997. 447 s. ISBN 041261040X.

Aller, L. et al., 1987: DRASTIC: a standartized system for evaluating grand water pollution potential using hydrogeological settings. – U.S. Enviromental Protection Agency, Ada, OK, EPA/600/2-87-036, 455p.

AMBROZEK V., BRANT V., DVOŘÁKOVÁ E., HARTLOVÁ L., HERRMANN Z., KREJČÍ Z., KUČERA J., KVÍTEK T., MICHLÍČEK E., MUSILOVÁ A., NOVÁČKOVÁ A., NOVÁK P., NOVOTNÁ J., PIVEC J., PROKEŠ V., SLAVÍK J., Vytvoření konceptuálního modelu tvorby syntetických map zranitelnosti podzemních vod a srovnání s modelem Drastic 1.1.2008 – 31.12.2012 :[online].[cit. 2011-08-05]. Dostupný z WWW: < www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/54166.aspx>.

CIVITA, M., CHIAPPONE, A., FALCO, M., JARRE, P., 1990. Preparazione della cartado vulnerabilita per la rilocalizzazione di un impianto pozzi dell'Aquedotto do Torino. In: Proceedings of the 1st National Convention "Protzione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi. 1990, 2, s. 461-461.

GOLDBACH, Marek. Posouzení zranitelnosti krasového kolektoru v oblasti [online]. Brno, 2011. 39 s. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z WWW: <http://is.muni.cz/th/175459/prif_m/Goldbach_diplomka.txt>. 27.7. 2011

HYNIE, Ota . Hydrogeologie ČSSR II : Minerální vody. Vydání 1. Praha: Československé akademie věd, 1963. 800 s.

JANOŠKA, Martin. Minerální prameny v Čechách, na Moravě a ve Slezsku [online]. 1. Praha: Academia, 2011 [cit. 2011-07-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.veda.cz/article.do?articleId=68332>>. ISBN 978-80-200-1615-7.

KACHLÍK, Václav; CHLUPÁČ, Ivo. Základy geologie, Historická geologie. Praha: Karolinum, 2008. 342 s. ISBN 978-80-246-0212-7.

KLÍR, Stanislav .Ochrana zřídelní oblasti západních Čech. první. Praha: Avicenum- zdravotnické nakladatelství, 1982. 140 s.

KOLÁŘOVÁ, Margarita ; MYSLIL, Vlastimil. Minerální vody Západočeského kraje. 1. Praha: Ústřední ústav geologický, 1979. 286 s.

MARGAT, J., 1968: Vulnérabilité des faux souterraines aux pollutions, conception-estimationcartographie.– EEC Institutut Européen de l'eau, Paris, France

MICHELE, Libor. Využívání a ochrana zdrojů minerální vody na Poděbradsku před 100 lety a dnes. In Mezinárodní balneotechnické dny ve Františkových Lázních. . Praha: [s.n.], 2007. s. 77.

MUNGA, D., et al. Project on Assessment of Pollution Status and Vulnerability of Water Supply Aquifers in African Cities : Vulnerability and Pollution of Groundwater in the Kisauni Area, Mombasa, Kenya[online]. Mombasa, Kenya: [s.n.], 2005 [cit. 2011-08-03]. Dostupné z WWW: <http://www.unep.org/groundwaterproject/Countries/Kenya/Report/April2005_full.pdf>.

MYSLIL, V. a kol., Sborník geologických věd : hydrogeologie, inženýrská geologie [online]. 1. Praha: Československé akademie věd, 1964 [cit. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.geology.cz/1919/historie/publikace/1964-hydro-web.pdf>>.

National Research Council (NRC), 1993. Ground water vulnerability assessment: contamination potential under conditions of uncertainty, Committee on Techniques for Assessing Ground Water Vulnerability, Water Science and technology Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources. National Academy Press, Washington, DC p. 179.

PELIKÁN, Vladimír . Ochrana podzemních vod. Vydání první. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1983. 324 s.

SKLENÁŘ, Josef .Balneotechnika III. Vydavatelství ČVUT: [s.n.], 1992. 221 s. ISBN 80-01-00899-1.

SPRINGORUM K. A., 2000. The Cheb basin and the mineral springs of Františkovy Lázně Czech Republic. MS diplomová práce, Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky PřF UK, Praha, 87 stran.

STANĚK, Ivo . Ochrana františkolázeňské zřídelní struktury v 21. století. In Mezinárodní balneotechnické dny ve Františkových Lázních. Praha: [s.n.], 2007. s. 77.

SVITÁKOVÁ, Tereza. Minerální vody na Luhačovicku [online]. Brno, 2011. 60 s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z WWW: <http://is.muni.cz/th/269798/prif_b/Bakalarska_prace-Mineralni_vody_na_Luhacovicku.txt>. 10.8.2011

ULRYCH J., FELICITY E.L., BALOGH K., 2003. Age Relations and Geochemical Contrains of Cezonic Alkaline Volcanic Series in West Bohemia: A Review. Geolines 15 (2003) str. 163-180.

VRBA, Jaroslav; LIPPONEN, Annukka. Groundwater Resources Sustainability Indicators [online]. Paris: UNESCO, 2007 [cit. 2011-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001497/149754e.pdf>>.

VRBA, J. and ZAPOROZEC, A., 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. IAH/ UNESCO, Vol.16. Heise, Hannover.

WALTER, Dominik. Režim podzemních vod chebské pánve. Praha, 2010. 35 s. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.

Elektronické zdroje:

<http://www.tournavigator.tk/kp>, 27.7.2011

<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb01164&cd=76&typ=r>, 16.8.2011

<http://www.hornictvi.info/prirucka/geologie/07.gif> 25.7.2011

<http://www.3x-projekt.com/horniny/Voda.html> 5.7.2011

<http://www.zemetreseni.okamzite.eu> 2.8.2011